



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ-  
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

# «Μελέτη συστήματος Γης-Σελήνης»



ΦΥΣΙΚΗ Ι

ΦΙΛΙΠΠΟΠΟΥΛΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ mm20041

ΜΠΑΚΟΥΛΑ ΓΕΩΡΓΙΑ mm20036

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....                                   | 1  |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....                                   | 2  |
| ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΓΗΣ-ΣΕΛΗΝΗΣ.....               | 2  |
| ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ.....                       | 7  |
| ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ - ΣΕΛΗΝΙΑΚΟΙ ΜΗΝΕΣ .....    | 8  |
| ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΛΗΝΗΣ .....               | 9  |
| ΣΕΛΗΝΙΑΚΕΣ ΕΚΛΙΨΕΙΣ.....                         | 11 |
| ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ .....                                 | 12 |
| ΚΛΙΣΗ ΣΕΛΗΝΙΑΚΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ.....                    | 14 |
| ΚΛΙΣΗ ΣΤΟΝ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟ ΚΑΙ ΣΕΛΗΝΙΑΚΗ ΑΚΙΝΗΣΙΑ..... | 15 |
| ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΕΛΗΝΗΣ .....                    | 16 |
| ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΣΤΗ ΣΕΛΗΝΗ .....                    | 16 |
| Βιβλιογραφία .....                               | 18 |

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μερικοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η Σελήνη δεν παίζει κανένα ρόλο στη Βιολογία του Σύμπαντος, ούτε επηρεάζει τη ζωή στη Γη. Κι ακόμη ότι δεν έχει καμιά σχέση με τη διαμόρφωση του κλίματος και του καιρού, στα διάφορα σημεία της υδρογείου. Τη θεωρούν απλό καθρέφτη που αντανακλά το ηλιακό φως, μούσα των ποιητών και προστάτη των ερωτευμένων. Υπάρχουν, όμως, εργασίες, έρευνες και διαπιστώσεις πολλών διαπρεπών επιστημόνων, που εκμηδενίζουν τις απόψεις αυτές, αφού έχουν να παρουσιάσουν στοιχεία τα οποία αποδεικνύουν ότι η Σελήνη, που είναι το πιο κοντινό ουράνιο σώμα στη Γη, παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της ζωής πάνω στον Πλανήτη μας.

Οι κινήσεις των σωμάτων στο ηλιακό σύστημα είναι, ως επί το πλείστον, τακτικές και κατανοητές. Από τη Γη, ο Ήλιος ανατέλλει στον ανατολικό ουρανό το πρωί και δύει στον δυτικό ουρανό το βράδυ. Αν η Σελήνη είναι γεμάτη την Ημέρα 1, θα είναι πλήρης και πάλι την Ημέρα 28, και νέα την Ημέρα 14. Οι κινήσεις της Γης σε σχέση με τον Ήλιο, και οι κινήσεις της Σελήνης και του Ήλιου σε σχέση με τη Γη επηρεάζουν διαφορετικά φαινόμενα στη Γη, συμπεριλαμβανομένης της ημέρας και της νύχτας, των εποχών, των παλίρροιων και των φάσεων της Σελήνης.

Έχει αποδειχθεί, με τη βοήθεια εκτεταμένων αριθμητικών υπολογισμών, ότι η ύπαρξη της Σελήνης παίζει σταθεροποιητικό ρόλο στην κίνηση του άξονα περιστροφής της Γης. Βρέθηκε ότι υπάρχει μια ευρεία χαοτική περιοχή, όσον αφορά την κίνηση του άξονα περιστροφής της Γης, που οφείλεται σε επικάλυψη συντονισμών.

Ο άξονας της Γης αποφεύγει αυτή τη χαοτική περιοχή λόγω υπάρξεως της Σελήνης, η οποία μέσω της βαρυτικής επιδράσεώς της στη Γη κρατάει τη θέση του άξονα περιστροφής έξω από τη χαοτική περιοχή. Έτσι η θέση του άξονα της Γης εκτελεί οργανωμένη κίνηση, με συνέπεια τη σταθερότητα του κλίματος. Είναι γνωστό ότι το κλίμα επηρεάζεται από την κλίση του άξονα περιστροφής και απρόβλεπτες, χαοτικές, κινήσεις θα είχαν ως συνέπεια τη μη σταθερότητα του κλίματος και ίσως τη μη ανάπτυξη της ζωής. Οι αριθμητικοί υπολογισμοί έδειξαν ότι η μεγάλη μάζα της Σελήνης σχετικά με τη μάζα της Γης είναι η αιτία που ο άξονας περιστροφής της Γης παραμένει έξω από τη χαοτική περιοχή. Αν η Σελήνη είχε μικρότερη μάζα, ή αν δεν υπήρχε καθόλου, δεν θα μπορούσε να παίξει το σταθεροποιητικό της ρόλο και η διεύθυνση του άξονα περιστροφής της Γης θα εκτελούσε χαοτική κίνηση.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή πραγματεύεται τη μελέτη του συστήματος Γης-Σελήνης. Το θέμα αυτό επιλέχθηκε με βάση τη θεματολογία του μαθήματος Φυσικής Ι και το προσωπικό ενδιαφέρον των σπουδαστών για την αστρονομία

Ο άνθρωπος γοητευόταν πάντα από τον ουρανό και τα ουράνια σώματα. Ήδη από την αρχαιότητα, το ενδιαφέρον του τον οδήγησε στη συστηματική τους παρατήρηση, στην αρχή χρησιμοποιώντας ως μοναδικό όργανο τον γυμνό οφθαλμό. Η αστρονομία, η επιστήμη που μελετά τα ουράνια σώματα, θεμελιώθηκε από τους αρχαίους Έλληνες, των οποίων συγκέντρωσε και παρουσίασε ως δικό του σύστημα ο Κοπέρνικος, κατά την Αναγέννηση. Λόγω της λαμπρότητάς της, η Σελήνη ήταν ένα από τα πρώτα ουράνια σώματα μελετήθηκαν. Η ραγδαία εξέλιξη της αστρονομίας κατά τη Σύγχρονη Ιστορία είχε ως αποκορύφωμα τους πρώτους ανθρώπους στη Σελήνη, το 1969 από την αποστολή Απόλλων 11 του διαστημικού προγράμματος «Απόλλων» (Apollo). Σήμερα, η εξερεύνηση της Σελήνης συνεχίζεται, και η επιστήμη γνωρίζει περισσότερα γι αυτή από ποτέ. Σε αυτή την εργασία γίνεται αναφορά συγκεκριμένα στην απόσταση της Γης με τη Σελήνη, στις φάσεις και τις κινήσεις της Σελήνης, στη μορφολογία της, στα φαινόμενα της σεληνιακής έκλειψης και της παλίρροιας, τη κλίση της σεληνιακής τροχιάς, το μαγνητικό πεδίο της σελήνης, καθώς και την διαδικασία της μεταλλουργίας στη Σελήνη.

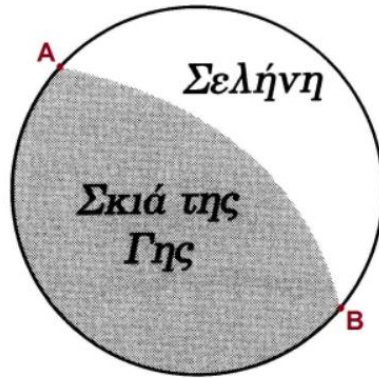
## ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΓΗΣ-ΣΕΛΗΝΗΣ

Ο Αρίσταρχος ο Σάμιος βασίστηκε σε μια σεληνιακή έκλειψη για να εκτιμήσει τη διάμετρο της Σελήνης. Αργότερα ο Ίππαρχος ήλθε να βελτιώσει την εκτίμηση αυτή. Την ίδια γεωμετρία χρησιμοποίησε έπειτα από πολλούς αιώνες και ο Κοπέρνικος στο *De Revolutionibus orbium coelestium* (Περί της περιστροφής των ουράνιων σφαιρών).

Στη συνέχεια περιγράφεται ο τρόπος υπολογισμού της σχέσης μεταξύ του μεγέθους της Γης και της προβολής της σκιάς της επί της Σελήνης, της ακτίνας της Σελήνης, της

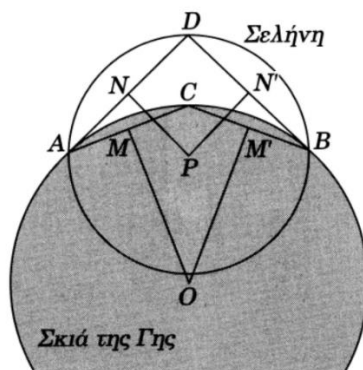
ακτίνας της Γης και της απόσταση Γης – Σελήνης με την μέθοδο των αλεξανδρινών αστρονόμων.

Κατά τη διάρκεια μιας έκλειψης της Σελήνης, όταν η Σελήνη εισέρχεται στη σκιά της Γης βλέπουμε την παρακάτω εικόνα (Εικόνα 1)



Εικόνα 1

Αν  $s$ =ακτίνα του κύκλου της σκιάς της Γης και  $a$ =η ακτίνα της Σελήνης, το μαθηματικό πρόβλημα που τίθεται είναι να βρούμε τον λόγο  $s/a$ .  
Αν λοιπόν διαθέτουμε μια καθαρή φωτογραφία από μια έκλειψη Σελήνης, τότε ονομάζουμε A και B τα σημεία τομής των δυο κύκλων



Σχήμα 1

Σύμφωνα με το σχήμα 1, N και N' είναι τα μέσα των χορδών AD και DB. Οι κάθετοι που άγονται από αυτά τα σημεία τέμνονται στο σημείο P, οπότε το μήκος DP εκφράζει την ακτίνα της Σελήνης στο σχήμα.

Με παρόμοιο τρόπο καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το τμήμα OC παριστάνει την ακτίνα της σκιάς της Γης σε απόσταση ίση με την ακτίνα της τροχιάς της Σελήνης. Έτσι:  $OC/DP = s/a$

### Η ακτίνα της Σελήνης

Χρησιμοποιώντας τον παραπάνω λόγο μπορούμε να υπολογίσουμε την ακτίνα της Σελήνης (και στη συνέχεια την απόσταση μεταξύ Γης – Σελήνης) θεωρώντας στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 2) :

$ES=D$ =απόσταση Ήλιου Γης

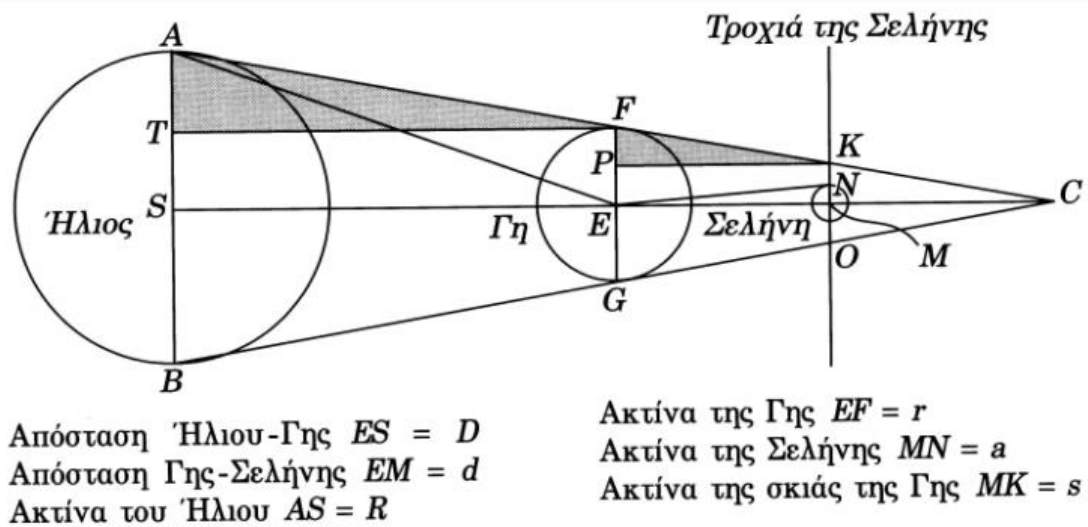
$EM=d$ =απόσταση Γης – Σελήνης

$AS=R$ =ακτίνα του Ήλιου

$EF=r$ =ακτίνα της Γης

$MN=a$ =ακτίνα της Σελήνης

$MK=s$ =ακτίνα της Γης  $MK$



Σχήμα 2

Αν ο Ήλιος απέχει από τη Γη απόσταση  $n$  φορές μεγαλύτερη απ' όση η Σελήνη, τότε μπορούμε να γράψουμε:  $SE=n \cdot EM$  ή σύμφωνα με τους παραπάνω συμβολισμούς:

$$n=SE/EM=D/d \quad (1)$$

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από την παρατήρηση των ηλιακών εκλείψεων, ο Ήλιος και η Σελήνη έχουν την ίδια φαινόμενη διάμετρο, διότι φαίνονται υπό την ίδια (περίπου) γωνία στον ουρανό.

Συνεπώς:  $\gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha(AES)=\gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha(MEN)$

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι τα τρίγωνα  $ASE$  και  $NME$  είναι όμοια (έστω και αν δεν φαίνονται στο σχήμα 2, το οποίο δεν συνιστά ακριβή απεικόνιση υπό κλίμακα της γεωμετρίας της σεληνιακής έκλειψης).

Έτσι από την ομοιότητα των τριγώνων και βάσει της εξίσωσης (1) έχουμε

$$AE/NE=AS/NM=SE/ME=n$$

οπότε

$$n=AS/MN=R/a \quad (2)$$

Τα τρίγωνα  $ATF$  και  $FPK$  είναι επίσης όμοια, οπότε παίρνουμε τις αναλογίες

$$TF/PK=AT/FP \text{ ή } SE/EM=AT/FP=(SA-TS)/(FE-PE) \text{ ή}$$

$$SE/EM=(SA-FE)/(FE-KM) \quad (3)$$

Αν εισάγουμε στην εξίσωση (3) τα σύμβολα που καθορίσαμε για τα χαρακτηριστικά μήκη του προβλήματος και λάβουμε υπόψη τις εξισώσεις (1) και (2), καταλήγουμε στη σχέση

$$D/d=n=(R-r)/(r-s) \quad (4)$$

Μπορούμε να αναδιατάξουμε τους όρους της εξίσωσης (4) και να πάρουμε

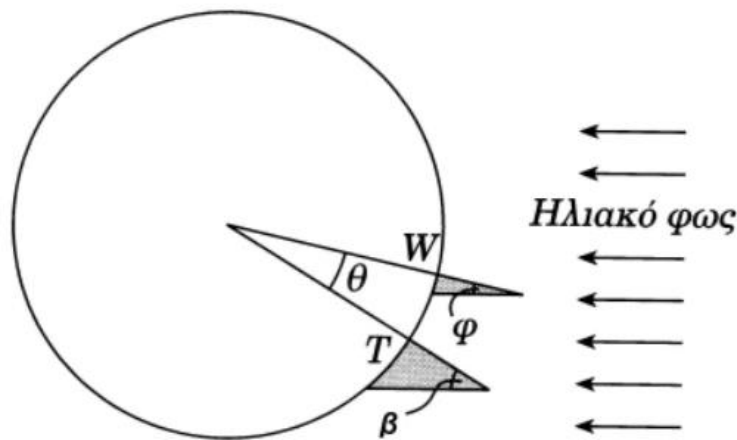
$$a(1 + s/a) = r(1 + 1/n) \quad (5)$$

Όσον αφορά την παραπάνω εξίσωση:

Στην παραπάνω σχέση ο λόγος  $s/a$  υπολογίζεται με τον τρόπο που περιγράφηκε στην αρχή κατά την διάρκεια μιας μερικής έκλειψης της Σελήνης.

Στον αριθμό  $n$  που εκφράζει τον λόγο της απόστασης Γης – Ήλιου προς την απόσταση Γης – Σελήνης, ο Αρίσταρχος είχε δώσει την τιμή 20. Όμως πραγματική τιμή του είναι πολύ μεγαλύτερη, οπότε ο λόγος  $1/n$  είναι πολύ μικρός σε σχέση με την μονάδα και μπορεί να παραληφθεί από την εξίσωση (5).

Η ακτίνα της Γης  $r$  μπορεί να υπολογιστεί (χωρίς την χρήση της μοντέρνας τεχνολογίας) με την κλασσική μέθοδο του Ερατοσθένη



Εικόνα 2

Το πείραμα του Ερατοσθένη θα μπορούσε εύκολα να επαναληφθεί. Αν σε δυο σημεία που βρίσκονται πάνω στον ίδιο μεσημβρινό (και απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 500 km) τοποθετηθούν σε επίπεδο έδαφος κατακόρυφες ράβδοι και μετρηθεί το μήκος της σκιάς τους την ίδια χρονική στιγμή, τότε μπορούν να μετρηθούν οι γωνίες  $\phi$  και  $\beta$ . Είναι εύκολο να αποδειχθεί ότι:  $\theta = \beta - \phi$

Στηριζόμενοι σε απλές αναλογίες, καταλήγουμε στο αποτέλεσμα

$S/2\pi r = \theta/360$  όπου  $r$  η ακτίνα της Γης και  $S$  η απόσταση των σημείων  $W$  και  $T$ .

Λύνοντας ως προς  $r$  υπολογίζουμε την ακτίνα της Γης

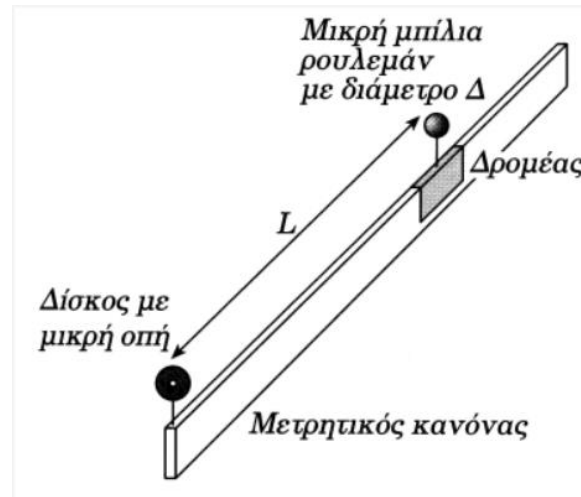
$$r = S \cdot 360 / 2\pi\theta \quad (6)$$

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω και την εξίσωση  $OC/DP = s/a$  υπολογίζουμε την ακτίνα της Σελήνης

$$a \approx \frac{r}{1 + s/a} \quad (7)$$

**Η απόσταση Γης – Σελήνης**

Η ακτίνα της Σελήνης  $r$  μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει της απόστασης Γης-Σελήνης  $d$ , αρκεί να μετρήσουμε την γωνιακή διάμετρο της Σελήνης. Μπορούμε να την μετρήσουμε άμεσα αν χρησιμοποιήσουμε τη διάταξη του παρακάτω σχήματος (Σχήμα 3)



Σχήμα 3

Ο δρομέας στη διάταξη του σχήματος 5 μπορεί να κινείται ελεύθερα κατά μήκος του μετρητικού κανόνα. Πάνω στον δρομέα στερεώνεται ένα μικρό χαλύβδινο σφαιρίδιο (π.χ. μια μπίλια ρουλεμάν) διαμέτρου περίπου 6 mm. Στο ένα άκρο του κανόνα προσαρμόζεται ένας δίσκος με μια μικρή οπή. Στηρίζουμε τον κανόνα σε μια ακλόνητη βάση και παρατηρούμε τη Σελήνη μέσα από τη μικρή οπή του σταθερού δίσκου. Εν συνεχεία μετακινούμε το δρομέα έτσι ώστε το χαλύβδινο σφαιρίδιο να καλύπτει ακριβώς το δίσκο της Σελήνης. Στη θέση αυτή, η γωνία υπό την οποία φαίνεται το σφαιρίδιο συμπίπτει με εκείνη υπό την οποία φαίνεται η Σελήνη:

$$\epsilon\phi\psi = \Delta/L$$

Συνεπώς η γωνιακή διάμετρος της Σελήνης υπολογίζεται από την εξίσωση

$$\psi = \text{τοξ}\epsilon\phi(\Delta/L) \quad (8)$$

Επειδή εμείς ενδιαφερόμαστε για την γωνιακή ακτίνα της σελήνης θα χρησιμοποιήσουμε το μισό αυτής της γωνίας οπότε η σχέση της ακτίνας  $a$  της Σελήνης με την απόσταση Γης –Σελήνης  $d$  θα είναι

$$a = d \epsilon\phi(\psi/2)$$

και από την εξίσωση (7) θα έχουμε για την απόσταση Γης – Σελήνης

$$d \simeq \frac{r}{(1 + s/a) \epsilon\phi \frac{\psi}{2}}$$

**Οι τιμές των αλεξανδρινών αστρονόμων**



Ο Ίππαρχος χρησιμοποίησε τις τιμές

$$s/a = 8/3 \text{ και } \psi = 31'$$

Έτσι οδηγήθηκε στην σχέση

$$d \approx a \bullet 220$$

Για την ακτίνα  $r$  της Γης, υιοθέτησε την τιμή των 6500 km του Ερατοσθένη. Εάν χρησιμοποιήσουμε αυτή την τιμή παίρνουμε από την εξίσωση (7) για την ακτίνα της Σελήνης

$$a \approx 1773 \text{ km}$$

οπότε η απόσταση Γης-Σελήνης θα είναι

$$d \approx 390000 \text{ km}$$

Οι παραπάνω τιμές βρίσκονται πολύ κοντά στις τιμές που είναι αποδεκτές σήμερα (ακτίνα Σελήνης = 1738 km και η απόσταση Γης – Σελήνης κυμαίνεται μεταξύ 356000 km έως 466700 km)

## ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

Σήμερα είναι γνωστό ότι η σελήνη, ο μοναδικός δορυφόρος της Γης, δεν παράγει ενέργεια στις περιοχές του πυρήνα της, αλλά ανακλά το ηλιακό φως που δέχεται. Είναι δηλαδή σώμα ετερόφωτο. Λόγω αυτού του γεγονότος το φωτεινό κομμάτι του σεληνιακού δίσκου μεταβάλλεται συνεχώς, αναλόγως των σχετικών θέσεων στις οποίες βρίσκονται η Σελήνη, η Γη και ο Ήλιος. Τις διαφορετικές μορφές του σχήματος του φωτισμένου τμήματος του σεληνιακού δίσκου, τις ονομάζουμε φάσεις της Σελήνης.

Ειδικότερα:

α. Αν η Σελήνη βρίσκεται μεταξύ Ήλιου και Γης (σύνοδος Σελήνης-Ήλιου), ολόκληρος ο δίσκος της είναι σκοτεινός. Τότε έχουμε νέα Σελήνη ή νουμηνία.

β. Όταν η Γη κατέχει την κορυφή της ορθής γωνίας που σχηματίζεται από τον Ήλιο, τη Σελήνη και τη Γη (τετραγωνισμός Σελήνης-Ήλιου), τότε έχουμε φωτισμένο το πρώτο σεληνιακό τέταρτο

γ. Όταν η Γη βρίσκεται ανάμεσα στον Ήλιο και τη Σελήνη (Σελήνη σε αντίθεση με τον Ήλιο), φωτίζεται ολόκληρος ο δίσκος της Σελήνης και τότε έχουμε πανσέληνο.

δ. Τέλος, όταν η Σελήνη, η Γη και ο Ήλιος σχηματίζουν γωνία 270 μοιρών με κορυφή τη Γη, τότε δημιουργείται το τελευταίο τέταρτο της Σελήνης (η Σελήνη σε τετραγωνισμό με τον Ήλιο).

Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, εκτός από τις προηγούμενες, το φωτισμένο μέρος της Σελήνης έχει τη μορφή μηνίσκου (μισοφέγγαρο).

Ενδιαφέρον είναι να σημειώσουμε ότι λίγες ημέρες μετά τη νέα Σελήνη –όταν το σχήμα του φωτισμένου μέρους της είναι ένας λεπτότατος λαμπρός μηνίσκος– μπορούμε να διακρίνουμε με μεγάλη ευκολία και τις λεπτομέρειες του σκοτεινού της



τμήματος, εφόσον αυτό φωτίζεται από το ηλιακό φως που ανακλάται από τη Γη προς τη Σελήνη. Το φως αυτό ονομάζεται «τεφρώδες φως». Τέλος, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι αν παρατηρήσουμε τη Γη από τη Σελήνη θα δούμε ότι και αυτή παρουσιάζει φάσεις, αφού είναι σώμα ετερόφωτο.



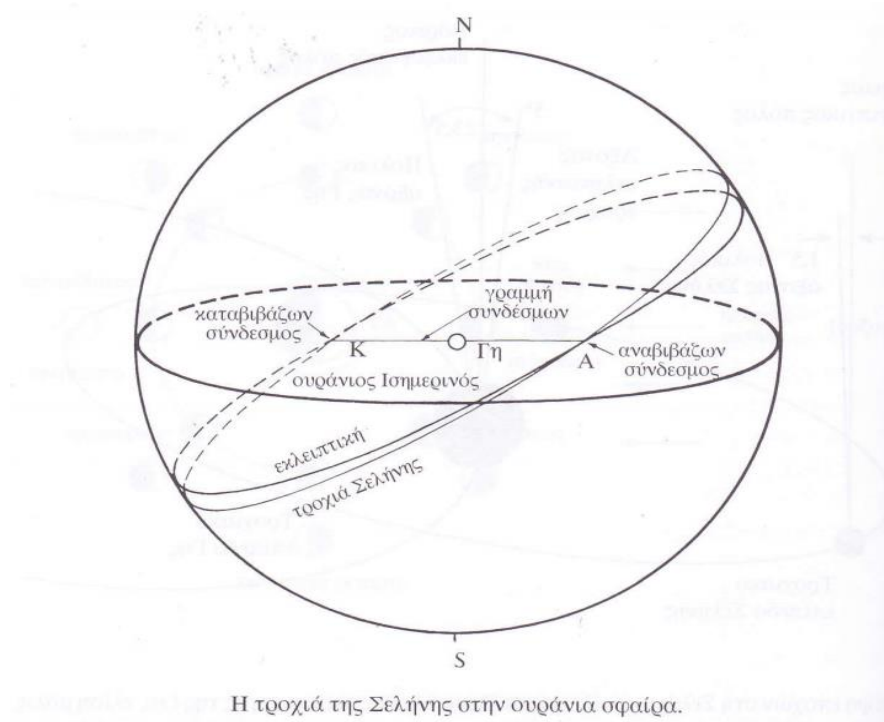
Εικόνα 3

## ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ - ΣΕΛΗΝΙΑΚΟΙ ΜΗΝΕΣ

Η Σελήνη εκτός από την κίνηση τη γύρω από τον ήλιο, την οποία αναγκάζεται να κάνει ακολουθώντας τη Γη ως δορυφόρος της, εκτελεί ακόμα τρεις σημαντικές κινήσεις:

1. Περιφέρεται γύρω από τη Γη. Αυτός ο χρόνος, περιφοράς της καθορίζει τη διάρκεια του σεληνιακού μήνα. Επειδή όμως η κίνηση της Σελήνης γύρω από τη Γη δεν είναι ομαλή και στις μετρήσεις της διάρκειας μιας πλήρους περιφοράς της υπεισέρχονται σφάλματα λόγω της ταυτόχρονης κίνησης της Γης γύρω από τον Ήλιο, μπορούμε να ορίσουμε τα επόμενα, διαφορετικά είδη σεληνιακών μηνών:

- α) Συνοδικός μήνας που είναι ο χρόνος μεταξύ δύο ομωνύμων φάσεων της Σελήνης και διαρκεί 29,530589 ημέρες (ή 29 μέρες 12 ώρες και 44 λεπτά).
- β) Αστρικός μήνας ονομάζεται ο χρόνος που χρειάζεται η Σελήνη προκειμένου να ξαναπροβληθεί στον ουρανό στη θέση που κατέχει ένα συγκεκριμένο αστέρι. Ο χρόνος αυτός ισούται με 27,32166 ημέρες (ή 27 ημέρες 7 ώρες και 43 λεπτά)
- γ) Δρακόντειος ή συνδεσμικός μήνας είναι ο χρόνος που παρέρχεται μεταξύ δύο διαδοχικών περασμάτων της Σελήνης από τον ίδιο σύνδεσμο της τροχιάς της. Συνδέσμους της σεληνιακής τροχιάς ονομάζουμε τα σημεία στα οποία το επίπεδο της τροχιάς της Σελήνης τέμνει το επίπεδο της εκλειπτικής. Το πρώτο σημείο ονομάζεται αναβιβάζων σύνδεσμος, λόγω του γεγονότος ότι η Σελήνη περνώντας απ' αυτό ανεβαίνει απ' το νότιο ημισφαίριο στο βόρειο. Για τον αντίθετο λόγο το δεύτερο σημείο ονομάζεται καταβιβάζων σύνδεσμος. Ο δρακόντειος μήνας διαρκεί 27,212218 ημέρες.



Εικόνα 4

- d) Τροπικός μήνας καλείται ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να επανέλθει η Σελήνη στο εαρινό ισημερινό σημείο, γ (βλέπε σχήμα 737 )και ισούται με 27,321582 ημέρες. Η διαφορά που προκύπτει μεταξύ του τροπικού και του συνοδικού μήνα δημιουργείται από το ότι η γραμμή των ισημεριών δεν παραμένει σταθερή, αλλά κινείται κατά την ανάδρομη φορά.
- e) Ανωμαλιακός μήνας είναι ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών διαβάσεων της Σελήνης από το περίγειο της τροχιάς της. Ο ανωμαλιακός μήνας ισούται με 27,554555 ημέρες

2. Μια δεύτερη κίνηση που εκτελεί η Σελήνη είναι η περιστροφή γύρω από τον άξονά της μέσα σε 27,3217 ημέρες. Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι επειδή η διάρκεια αυτής της περιστροφής είναι ακριβώς η ίδια με εκείνη του αστρικού μήνα, η Σελήνη στρέφει προς τη Γη πάντα το ίδιο ημισφαίριό της!

3. Η τελευταία φαινομένη κίνηση που εκτελεί η Σελήνη είναι εκείνη μιας γενικής λίκνισης , λόγω της οποίας μπορούμε να παρατηρούμε ποσοστό λίγο μεγαλύτερο από το μισό της σεληνιακής επιφάνειας, για την ακρίβεια το 59%.

## ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΛΗΝΗΣ

Η διάμετρος της Σελήνης είναι 3.474 χιλιόμετρα, δηλαδή είναι ίση με το 27% της γήινης διαμέτρου. Η μάζα της ( $7,35 \times 10^{25}$  grams) , όμως, είναι πολύ μικρότερη, μιας και αντιστοιχεί μόλις στο 1,2% της μάζας της Γης. Ο συνδυασμός αυτών των χαρακτηριστικών οδηγεί σε ένα αρκετά ασθενές βαρυτικό πεδίο στην επιφάνειά της. Συγκεκριμένα, η βαρυτική δύναμη που θα σας ασκούσε η Σελήνη, εάν περπατούσατε

στην επιφάνειά της, θα αντιστοιχούσε περίπου στο 16,5% της βαρυτικής δύναμης που σας ασκεί η Γη. Θα αισθανόμασταν, δηλαδή, ελαφρύτεροι. Η σελήνη έχει θερμοκρασίες που ποικίλλουν από 123°C στην ημέρα έως -170°C τη νύχτα στον ισημερινό, και κάτω από -233°C στους μόνιμα σκιασμένους πολικούς κρατήρες.

Ο Γαλιλαίος το 1610, σύμφωνα με αναφορές, ήταν ο πρώτος αστρονόμος που παρατήρησε την επιφάνεια της Σελήνης με τηλεσκόπιο ενώ πολλά χρόνια αργότερα, το 1878, ο Ιούλιος Σμιτ (Julius Schmidt, 1825-1884), διευθυντής του Αστεροσκοπείου Αθηνών, μετά από οπτικές παρατηρήσεις 30 ετών, έδωσε τον πρώτο λεπτομερή και ακριβή χάρτη της σεληνιακής επιφάνειας.

Η χημική σύσταση του εδάφους της Σελήνης, όπως πλέον γνωρίζουμε, είναι περίπου η ίδια με τη γήινη, ενώ δεν βρέθηκαν πουθενά πάνω της ενδείξεις μορφών ζωής.

Αντίθετα, ως προς τη δυνατότητα ύπαρξης νερού, στις 13 Νοεμβρίου 2009 η NASA ανακοίνωσε ότι η αποστολή LCROSS, με μια ελεγχόμενη συντριβή συσκευής στον νότιο πόλο της σελήνης κατάφερε να ανακαλύψει σημαντικές ποσότητες νερού. Πριν από αυτό, το 1995, θετικές ενδείξεις έδωσε η μελέτη των στοιχείων που έστειλε η διαστημική βολίδα Κλημεντίνη. Σύμφωνα με τις πληροφορίες αυτές θεωρήθηκε πολύ πιθανό να υπάρχουν ποσότητες υδάτινου πάγου στις πολικές περιοχές του δορυφόρου της Γης, μάλλον αναμεμιγμένες με βραχώδη υλικά ή θαμμένες κάτω απ' αυτά.

Σημειώνεται ότι η Σελήνη δεν είναι ένα σώμα σεισμικά ήρεμο, εφόσον δημιουργούνται σεισμικά γεγονότα τόσο στην επιφάνειά της, όσο και σε μεγαλύτερα βάθη.

Τώρα πλέον έχοντας όλοι μας τη δυνατότητα να παρατηρήσουμε την επιφάνεια της Σελήνης μ' ένα μικρό τηλεσκόπιο ή μ' ένα ζευγάρι ισχυρά κιάλια, θα παρατηρήσουμε ότι είναι κατάστικτη από «κρατήρες», ίχνη ενός ξεχασμένου παρελθόντος, που σχηματίστηκαν όταν διάφοροι μετεωρίτες προσέκρουαν στην επιφάνειά της.

Σήμερα έχουμε χαρτογραφήσει περισσότερους από 30.000 κρατήρες με διάμετρο από ένα μέχρι τριακόσια χιλιόμετρα και σε πολλούς απ' αυτούς έχουν δοθεί ονόματα διάσημων αστρονόμων όπως του Αρίσταρχου, του Κοπέρνικου, του Κέπλερ κ.ά. Σημειώνουμε ότι τρεις από τους σεληνιακούς κρατήρες φέρουν τα ονόματα τριών νεότερων Ελλήνων αστρονόμων, των Αντωνιάδη, Παρασκευόπουλου και Φωκά, ως ένα ελάχιστο δείγμα αναγνώρισης της συμβολής τους στην προσπάθεια αποκάλυψης των μυστικών της Σελήνης.

Σε άλλες περιοχές της σεληνιακής επιφάνειας διακρίνουμε την ύπαρξη μεγάλων βουνών, ύψους μέχρι και 8 χιλιομέτρων, τα οποία ονομάζουμε «όρη», και –όπως πιστεύουμε σήμερα– έχουν δημιουργηθεί ως αποτέλεσμα των μεγάλων και βίαιων εδαφολογικών μεταβολών που προκλήθηκαν στο παρελθόν, από την πτώση μεγάλων μετεώρων στην επιφάνεια Σελήνης.

Στα όρη και τις οροσειρές της Σελήνης έχουν δοθεί τα ονόματα γήινων όρεων και οροσειρών. Έτσι διακρίνουμε τα όρη: Καρπάθια (2.900 m), Απέννινα (5.500 m), Άλπεις (3.000 m), ενώ η υψηλότερη απ' όλες τις κορυφές καλείται Λάιμπνιτς (Leibniz) με ύψος 8.000 m. Εκείνο όμως που χαρακτηρίζει την εικόνα της σεληνιακής επιφάνειας είναι η ύπαρξη μεγάλων επίπεδων περιοχών που κατά πάσα πιθανότητα σχηματίστηκαν από μια παλαιότερη ηφαιστειακή δράση και ονομάστηκαν «θάλασσες», αν και δεν έχουν ούτε ίχνος νερού. Στην ορατή πλευρά της Σελήνης μπορούμε να διακρίνουμε 30 θάλασσες που η μεγαλύτερη απ' αυτές ονομάζεται Ωκεανός των Καταιγίδων και έχει διάμετρο 1.500 χιλιόμετρα.

Τέλος, καθώς παρατηρούμε τη σεληνιακή επιφάνεια διακρίνουμε κάποιους μεγάλης έκτασης ηφαιστειογενείς εδαφικούς σχηματισμούς, αποτελούμενους από βασαλτικά πετρώματα ηλικίας 4.600.000.000 ετών, δηλαδή όση είναι περίπου και η ηλικία του πλανητικού μας συστήματος, που ονομάστηκαν «ήπειροι».

## ΣΕΛΗΝΙΑΚΕΣ ΕΚΛΕΙΨΕΙΣ

Έκλειψη ονομάζουμε το φαινόμενο κατά το οποίο η Γη παρεμβάλλεται μεταξύ του Ηλίου και της Σελήνης, με αποτέλεσμα την απόκρυψη του σεληνιακού δίσκου, εφόσον αυτός παύει να δέχεται, άρα και να ανακλά προς τη Γη, το ηλιακό φως.

Οι εκλείψεις, αναλόγως του αν αποκρύπτεται ολόκληρο ή μέρος του σεληνιακού δίσκου, ονομάζονται αντίστοιχα ολικές ή μερικές. Ειδικότερα: αν η Σελήνη εισέρχεται όλη στον κώνο σκιάς της Γης, έχουμε το φαινόμενο της ολικής έκλειψης, ενώ αν εισέρχεται μερικώς έχουμε τη μερική έκλειψη. Σημειώνεται ότι και στις δύο περιπτώσεις η έκλειψη είναι ίδια για όλη τη Γη και την ημέρα εκείνη, η Σελήνη βρίσκεται στη φάση της πανσελήνου.

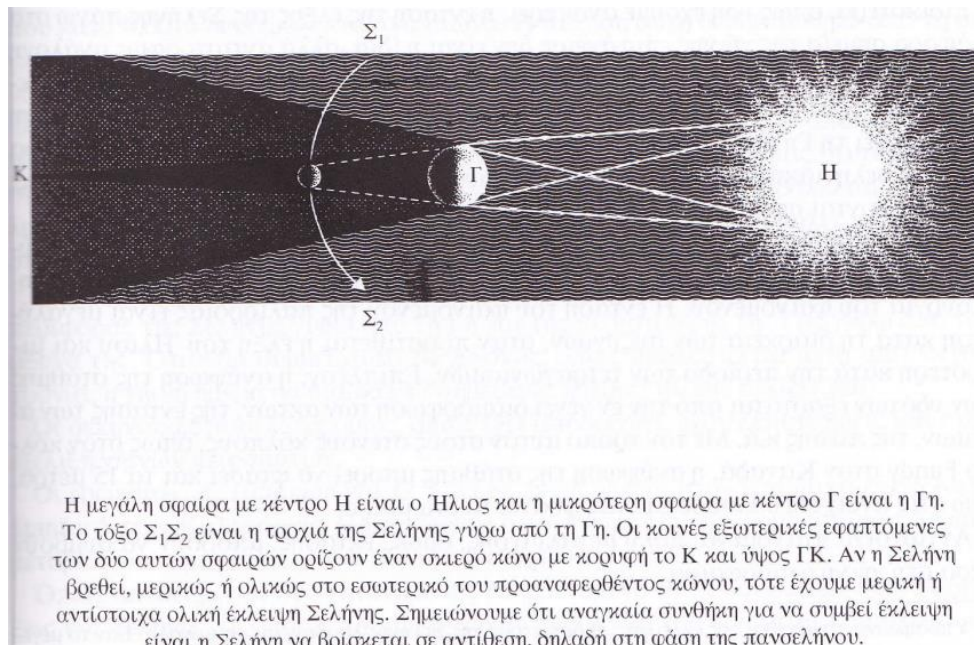
Στην περίπτωση που από τη σκιά της Γης αποκρύπτονται μόνον οι κεντρικές περιοχές του σεληνιακού δίσκου, αφήνοντας έτσι ορατό ένα φωτεινό δαχτυλίδι των περιφερειακών περιοχών του, η έκλειψη ονομάζεται δακτυλιοειδής.

Τόσο οι ηλιακές όσο και οι σεληνιακές εκλείψεις υπολογίζονται πλέον με ακριβή μαθηματικό αλγόριθμο. Εντούτοις υπενθυμίζουμε τον γνωστό στους αρχαίους αστρονόμους χρονικό κύκλο Σάρο, των 225 σεληνιακών συνοδικών μηνών ή 18 ετών και 11 περίπου ημερών, κατά τον οποίον οι εκλείψεις επαναλαμβάνονταν με την ίδια σειρά. Ο μέγιστος αριθμός εκλείψεων που συμβαίνουν σ' ένα έτος είναι επτά. Απ' αυτές πέντε είναι ηλιακές και δύο σεληνιακές ή τέσσερις και τρεις και αντίστροφα. Πάντως, σε κάθε τόπο, οι εκλείψεις της Σελήνης είναι συχνότερες γιατί είναι πάντα ορατές, αντίθετα με τις ηλιακές εκλείψεις που φαίνονται μόνον από ορισμένες περιοχές της Γης.

Οι τελευταίες σεληνιακές εκλείψεις του 20ού αιώνα, έγιναν στις:

- 28 Ιουλίου του 1999 σε Χρόνο Εφημερίδων E.T.=11ω 34λ με μέγεθος\* 0,40.

- 21 Ιανουαρίου του 2000 σε Χρόνο Εφημερίδων Ε.Τ.=04ω 45λ με μέγεθος\* 1,32,
- 16 Ιουλίου του 2000 σε Χρόνο Εφημερίδων Ε.Τ.=13ω 57λ με μέγεθος\* 1,77.



Εικόνα 5

\*Υποδηλώνει το μέγεθος της έκλειψης. Η διάμετρος της σελήνης λαμβάνεται ως μονάδα. Εάν το μέγεθος είναι μεγαλύτερο από το ένα, τότε η έκλειψη είναι ολική

## ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ

Γενικά όλοι γνωρίζουμε ότι οι υδάτινες επιφάνειες (λίμνες, ποτάμια κ.ά.) υφίστανται μια περιοδική μεταβολή του ύψους τους που διαρκεί λίγο περισσότερο από μία ημέρα. Το φαινόμενο της ανύψωσης της στάθμης των υδάτων ονομάζεται πλημμυρίς, ενώ της βύθισης, άμπωτης. Το συνολικό φαινόμενο ονομάζεται παλίρροια και οφείλεται στην έλξη που ασκεί η Σελήνη στα διαφορετικά σημεία της γήινης επιφάνειας.

Ειδικότερα, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, η ένταση της έλξης της Σελήνης πάνω στα διάφορα σημεία της γήινης επιφάνειας δεν είναι η ίδια, αλλά αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης των συγκεκριμένων σημείων από το κέντρο της Σελήνης. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι η ανύψωση της στάθμης των υδάτων, στη διεύθυνση που συνδέει τη Γη με τη Σελήνη (περιοχές ελάχιστης απόστασης από τη Σελήνη, άρα μεγάλης σεληνιακής έλξης), και η βύθισή τους στις περιοχές της γήινης επιφάνειας, που βρίσκονται σε διευθύνσεις κάθετες προς την προηγούμενη.

Η εξήγηση του φαινομένου των παλίρροιών δόθηκε για πρώτη φορά από τον Νεύτωνα, ο οποίος σημείωσε και τη συνεισφορά των ηλιακών παρέλξεων (30%) στη δημιουργία του φαινομένου. Η ένταση του φαινομένου της παλίρροιας είναι μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια των συζυγιών, όταν προστίθεται η έλξη του Ήλιου και μικρότερη κατά την περίοδο των τετραγωνισμών. Επιπλέον, η ανύψωση της στάθμης

των υδάτων εξαρτάται από την εν γένει διαμόρφωση των ακτών, της έντασης των ανέμων, της πίεσης κ.ά. Με τον τρόπο αυτόν στους στενούς κόλπους, όπως στον κόλπο Fundy στον Καναδά, η ανύψωση της στάθμης μπορεί να φτάσει και τα 15 μέτρα, ενώ στις ανοιχτές θάλασσες, μόλις φθάνει το ένα μέτρο.

Αντίστοιχα φαινόμενα, πολύ μεγαλύτερης, όμως, έκτασης, μπορούν να συμβούν μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα

Τα παλιρροϊκά κύματα με την πάροδο του χρόνου τείνουν να επιβραδύνουν βαθμιαία την περιστροφή της Γης με αποτέλεσμα η διάρκεια της ημέρας να μεγαλώνει περίπου κατά 0,0016 δευτερόλεπτα ανά αιώνα. Η αύξηση αυτή διαπιστώθηκε από τη σύγκριση μεταξύ του παρατηρηθέντος χρόνου των εκλείψεων και του θεωρητικά αναμενόμενου. Η επιβράδυνση αυτή, λόγω της αρχής διατήρησης της κινητικής ροπής, έχει ως συνέπεια την αύξηση της ταχύτητας περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη, γεγονός που προκαλεί μια συνεχή απομάκρυνσή της από τον πλανήτη μας. Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση της ημέρας δεν θα παραμένει σταθερή, αλλά θα μεταβάλλεται μεταβαλλόμενης της απόστασης της Σελήνης, άρα και της τριβής που προκαλεί η παλίρροια στα ρηχά των θαλασσών με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της περιστροφής της Γης.

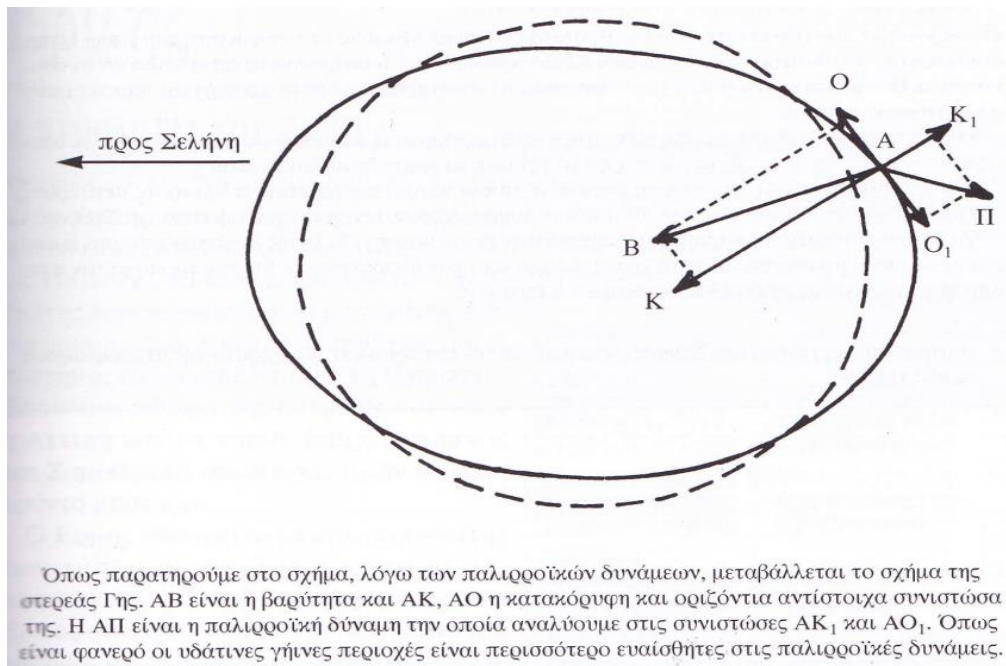
Η απομάκρυνση αυτή θα συνεχίζεται μέχρι τη στιγμή που θα εξισωθούν οι χρόνοι περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη και της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της. Όταν θα συμβεί αυτό το γεγονός, όπως υπολογίζεται μετά από  $5 \times 10^{10}$  χρόνια, η γήινη ημέρα θα διαρκεί 47 σημερινές ημέρες!

Οι σεληνιακές παρέλξεις όμως, όπως έχει αποδειχθεί, έχουν επιπτώσεις και στην εξέλιξη γήινων πειραμάτων.

Οι ερευνητές A. Hufmann και G. Fischer, εργαζόμενοι στον γραμμικό επιταχυντή Stanford στην Καλιφόρνια διαπίστωσαν ότι η ενέργεια μιας σωματιδιακής δέσμης μεταβαλλόταν με μια περίοδο 12 περίπου ωρών.

Όπως απέδειξαν οι δύο επιστήμονες το φαινόμενο αυτό οφειλόταν στις παρέλξεις της Σελήνης, οι οποίες παραμόρφωναν περιοδικά τον γιγαντιαίο δακτύλιο μετα στον οποίο επιταχύνονταν τα σωματίδια.





Εικόνα 6

Η μάζα της Γης είναι αρκετά μεγαλύτερη από τη μάζα της Σελήνης. Ωστόσο, λόγω των παλιρροϊκών δυνάμεων που της ασκεί η Σελήνη, ο ρυθμός περιστροφής της Γης μειώνεται σταδιακά και, επομένως, η διάρκεια της ημέρας αυξάνεται. Το φαινόμενο αυτό με το πέρασμα του χρόνου εξασθενεί, αλλά όλα δείχνουν ότι στο παρελθόν η διάρκεια της ημέρας στον πλανήτη μας ήταν μικρότερη. Σύμφωνα με τους ερευνητές, πριν από 600 εκατομμύρια χρόνια μια πλήρης περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της διαρκούσε 21 ώρες, ενώ μερικά εκατομμύρια χρόνια μετά τον σχηματισμό της η αντίστοιχη διάρκεια ενδέχεται να ήταν μικρότερη από 10 ώρες. Όπως είναι αναμενόμενο, η μείωση της ταχύτητας περιστροφής της Γης οδηγεί σε μείωση της περιστροφικής της ενέργειας. Ένα μεγάλο μέρος αυτής της ενέργειας μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, λόγω τριβών στο εσωτερικό της Γης και στους ωκεανούς, ενώ ένα άλλο μέρος της μεταφέρεται στη Σελήνη, με αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους της σεληνιακής τροχιάς. Πράγματι, όλα δείχνουν ότι στο παρελθόν η Σελήνη ήταν πολύ πιο κοντά στη Γη απ' ό,τι είναι σήμερα και πλέον απομακρύνεται από εμάς περίπου κατά 3,8 εκατοστά κάθε χρόνο.

### ΚΛΙΣΗ ΣΕΛΗΝΙΑΚΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ

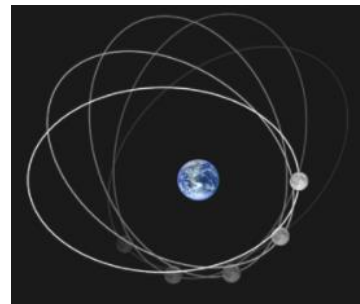
Η μέση κλίση της σεληνιακής τροχιάς στο εκλειπτικό επίπεδο είναι  $5.145^\circ$ . Οι θεωρητικές εκτιμήσεις δείχνουν ότι η παρούσα κλίση σε σχέση με το εκλειπτικό επίπεδο προέκυψε από την παλιρροϊκή εξέλιξη από μια προηγούμενη τροχιά κοντά στη Γη με μια αρκετά σταθερή κλίση σε σχέση με τον Ισημερινό. Θα απαιτούσε μια κλίση αυτής της προηγούμενης τροχιάς περίπου  $10^\circ$  προς τον ισημερινό για να παραχθεί μια παρούσα κλίση  $5^\circ$  προς την εκλειπτική. Πιστεύεται ότι αρχικά η κλίση προς τον ισημερινό ήταν κοντά στο μηδέν, αλλά θα μπορούσε να είχε αυξηθεί σε  $10^\circ$



° μέσω της επιρροής των πλανητών που περνούν κοντά στη Σελήνη ενώ πέφτουν στη Γη. Εάν αυτό δεν είχε συμβεί, η Σελήνη θα βρισκεται τώρα πολύ πιο κοντά στην έκλειψη και οι εκλείψεις θα ήταν πολύ πιο συχνές.

Ο άξονας περιστροφής της Σελήνης δεν είναι κάθετος στο τροχιακό του επίπεδο, οπότε ο σεληνιακός ισημερινός δεν βρίσκεται στο επίπεδο της τροχιάς του, αλλά τείνει προς αυτήν με σταθερή τιμή  $6,688^\circ$  (αυτή είναι η κλίση). Όπως ανακαλύφθηκε από τον Ζακ Κασίνι το 1722, ο περιστροφικός άξονας της Σελήνης προεξέχει με τον ίδιο ρυθμό με το τροχιακό του επίπεδο, αλλά είναι  $180^\circ$  εκτός φάσης (βλ. Νόμους του Κασίνι). Επομένως, η γωνία μεταξύ του εκλειπτικού και του σεληνιακού ισημερινού είναι πάντα  $1.543^\circ$ , παρόλο που ο περιστροφικός άξονας της Σελήνης δεν είναι σταθερός σε σχέση με τα αστέρια.

Ο κύριος άξονας της ελλειπτικής τροχιάς της Σελήνης περιστρέφεται με μία πλήρη επανάσταση κάθε 8,85 χρόνια. Στην εικόνα 5, το ελλειπτικό σχήμα της τροχιάς της Σελήνης είναι υπερβολικά υπερβολικό από το σχεδόν κυκλικό του σχήμα για να κάνει την οπισθοδρόμηση.



Εικόνα 5

## ΚΛΙΣΗ ΣΤΟΝ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟ ΚΑΙ ΣΕΛΗΝΙΑΚΗ ΑΚΙΝΗΣΙΑ

Κάθε 18,6 χρόνια, η γωνία μεταξύ της τροχιάς της Σελήνης και του Ισημερινού της Γης φτάνει το μέγιστο των  $28^\circ 36'$ , το άθροισμα της ισημερινής κλίσης της Γης ( $23^\circ 27'$ ) και την τροχιακή κλίση της Σελήνης ( $5^\circ 09'$ ) προς την εκλειπτική. Αυτό ονομάζεται μείζων σεληνιακή ακινησία. Περίπου αυτό το διάστημα, η απόκλιση της Σελήνης θα κυμαίνεται από  $-28^\circ 36'$  έως  $+28^\circ 36'$ . Αντίθετα, 9,3 χρόνια αργότερα, η γωνία μεταξύ της τροχιάς της Σελήνης και του ισημερινού της Γης φτάνει στο ελάχιστο των  $18^\circ 20'$ . Αυτό ονομάζεται δευτερεύον σεληνιακό αδιέξοδο. Η τελευταία σεληνιακή στάση ήταν μια μικρή στάση τον Οκτώβριο του 2015. Εκείνη την εποχή ο φθίνων κόμβος ήταν ευθυγραμμισμένος με την ισημερία (το σημείο στον ουρανό με το δικαίωμα μηδενικής ανόδου και μηδενική απόκλιση). Οι κόμβοι κινούνται δυτικά περίπου  $19^\circ$  ετησίως. Ο Ήλιος διασχίζει έναν δεδομένο κόμβο περίπου 20 ημέρες νωρίτερα κάθε χρόνο.

Όταν η κλίση της τροχιάς της Σελήνης στον ισημερινό της Γης είναι τουλάχιστον  $18^\circ 20'$ , το κέντρο του δίσκου της Σελήνης θα βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα κάθε μέρα από γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από  $71^\circ 40' (90^\circ - 18^\circ 20')$  βόρεια ή νότια. Όταν η κλίση είναι στο μέγιστο των  $28^\circ 36'$ , το κέντρο του δίσκου της Σελήνης θα βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα κάθε μέρα μόνο από γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από  $61^\circ 24' (90^\circ - 28^\circ 36')$  βόρεια ή νότια.

Σε υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, θα υπάρχει μια περίοδος τουλάχιστον μίας ημέρας κάθε μήνα, όταν η Σελήνη δεν θα ανέβει, αλλά θα υπάρχει επίσης μια

περίοδος τουλάχιστον μιας ημέρας κάθε μήνα, όταν η Σελήνη δεν θα δύει. Αυτό είναι παρόμοιο με την εποχιακή συμπεριφορά του Ήλιου, αλλά με περίοδο 27,2 ημερών αντί για 365 ημέρες. Σημειώστε ότι ένα σημείο στη Σελήνη μπορεί πραγματικά να είναι ορατό όταν είναι περίπου 34 λεπτά τόξου κάτω από τον ορίζοντα, λόγω της ατμοσφαιρικής διάθλασης.

Λόγω της κλίσης της τροχιάς της Σελήνης σε σχέση με τον ισημερινό της Γης, η Σελήνη βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα στο Βόρειο και Νότιο Πόλο για σχεδόν δύο εβδομάδες κάθε μήνα, παρόλο που ο Ήλιος βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα για έξι μήνες κάθε φορά. Η περίοδος από την ανατολή του φεγγαριού έως την ανατολή του φεγγαριού στους πόλους είναι ένας τροπικός μήνας, περίπου 27,3 ημέρες, πολύ κοντά στην πλευρική περίοδο. Όταν ο Ήλιος είναι ο πιο απομακρυσμένος κάτω από τον ορίζοντα (χειμερινό ηλιοστάσιο), η Σελήνη θα είναι γεμάτη όταν βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο της. Όταν η Σελήνη βρίσκεται στους Δίδυμους, θα βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα στον Βόρειο Πόλο και όταν βρίσκεται στον Τοξότη θα ανέβει στον Νότιο Πόλο.

Το φως της Σελήνης χρησιμοποιείται από το ζωοπλαγκτόν στην Αρκτική όταν ο Ήλιος βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα για μήνες και πρέπει να ήταν χρήσιμο για τα ζώα που ζούσαν σε περιοχές της Αρκτικής και της Ανταρκτικής όταν το κλίμα ήταν πιο ζεστό.

## ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΕΛΗΝΗΣ

Η Σελήνη δεν διαθέτει ένα ενιαίο μαγνητικό πεδίο όπως η Γη. Ωστόσο κάποιοι βράχοι εμφανίζουν ασθενείς μαγνητικές ιδιότητες γεγονός που μας ωθεί να συμπεράνουμε ότι στερεοποιήθηκαν παρουσία κάποιου μαγνητικού πεδίου. Υπάρχουν επίσης μικρά, περιορισμένης έκτασης μαγνητικά πεδία, τα οποία εμφανίζονται ισχυρότερα σε περιοχές αντιδιαμετρικές περιοχών με λεκανοπέδια. Η προέλευση αυτών των μαγνητικών πεδίων, μας είναι άγνωστη. Ορισμένοι επιστήμονες πιθανολογούν ότι ο ισχυρός κλονισμός (shock) της πρόσπτωσης μεγάλου μεγέθους μετεωριτών είχε ως επακόλουθο τη γένεση των πεδίων αυτών. Άλλοι πάλι ισχυρίζονται ότι η Σελήνη όντως διέθετε μαγνητικό πεδίο, όμοιο με αυτό της Γης, το οποίο και κατέρρευσε από άγνωστη αιτία.

## ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΣΤΗ ΣΕΛΗΝΗ

Η μεταλλουργία, που είναι η παρασκευή μετάλλων και κραμάτων από μεταλλεύματα ή άλλες πρώτες ύλες, καθώς και η κατεργασία των μετάλλων και των κραμάτων για την τροποποίηση των ιδιοτήτων αυτών των υλικών, υπήρχε στη Γη από την αρχαιότητα. Στοιχεία χρυσού, αργύρου και χαλκού που υπάρχουν στη φύση σε στοιχειακή κατάσταση ως ορυκτά (αυτοφυή μέταλλα) χρησιμοποιήθηκαν ήδη από 10.000 χρόνια πριν. Η τεχνολογία εξαγωγής μετάλλων μπορεί να εντοπιστεί τουλάχιστον 6.000 χρόνια. Πρόσφατα, σημειώθηκαν σημαντικές πρόοδοι στη

μεταλλουργία. Αυτό το ανεπτυγμένο πεδίο μπορεί τώρα να είναι έτοιμο για εφαρμογή στην παραγωγή μετάλλων στο διάστημα.

Το πρώτο βήμα για τον καθορισμό πιθανών πηγών πρώτων υλών, είναι η εξερεύνηση. Το διαστημικό πρόγραμμα Απόλλων της NASA (1961-1962) αποκάλυψε ορισμένους σεληνιακούς πόρους. Η περαιτέρω εξερεύνηση θα αποκαλύψει αναμφίβολα επιπλέον.

Η συγκέντρωση των περισσότερων μετάλλων στον φλοιό της Σελήνης, όπως και της Γης, είναι εξαιρετικά χαμηλή. Ένα μέταλλο πρέπει να συμπυκνωθεί επαρκώς σε ένα ορυκτό πριν από την εξόρυξη. Στον όρο εμπλουτισμός των μεταλλευμάτων περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι κατεργασίες που εφαρμόζονται στο εξορυσσόμενο μέταλλευμα με στόχο την αύξηση της περιεκτικότητάς του στο χρήσιμο ή τα χρήσιμα συστατικά που περιέχει. Η αύξηση της περιεκτικότητας πετυχαίνεται με απομάκρυνση μέρους του άχρηστου («στείρου» όπως ονομάζεται) υλικού το οποίο πάντα συνυπάρχει στο μέταλλευμα που εξορύσσεται. Τα ορυκτά τα οποία βρίσκονται μαζί με τα αξιοποιήσιμα και δεν έχουν οικονομικό ενδιαφέρον ονομάζονται σύνδρομα (gangue minerals).

Η σημασία του εμπλουτισμού δεν μπορεί να τονιστεί αρκετά. Ο εμπλουτισμός αποτελεί το προηγούμενο αναγκαίο στάδιο κατεργασίας μεταλλευμάτων πριν τη μεταλλουργική κατεργασία για την εξαγωγή του μετάλλου ή των μετάλλων.

Στη Σελήνη, ολόκληροι βράχοι μπορεί να είναι μεταλλεύματα για άφθονα στοιχεία, όπως το οξυγόνο, αλλά ο εμπλουτισμός θα είναι σημαντικός εάν αναζητούνται μεταλλικά στοιχεία από ακατέργαστο σεληνιακό βράχο.

### **Γεωχημική Διαθεσιμότητα**

Ο Skinner (1976) παρείχε μια σαφή ανάλυση της γεωχημικής διαθεσιμότητας διαφόρων στοιχείων στη Γη. Οι βασικές έννοιες εφαρμόζονται άμεσα στη Σελήνη. Τα πιο άφθονα μέταλλα στον φλοιό της Γης είναι το πυρίτιο, το αλουμίνιο, ο σίδηρος, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο και το τιτάνιο (βλ. Πίνακα 12). Για σκοπούς σύγκρισης, η σύνθεση ενός τυπικού σεληνιακού βασάλτη, εκρηξιγενούς πετρώματος που σχηματίστηκε από στερεοποιημένη λάβα, που εξεράγη και έρευσε σε πεδία που δημιουργήθηκαν από προσκρούσεις αστεροειδών στη Σελήνη, [δείγμα 10017, όπως αναλύθηκε από τους Wanke et al. (1970)] παρουσιάζεται επίσης. Σε μια πρώτη προσέγγιση, οι συνθέσεις των επίγειων και σεληνιακών πετρωμάτων δεν είναι πολύ διαφορετικές. Αν και παρόμοιοι με τους γήινους βασάλτες, οι σεληνιακοί βασάλτες περιέχουν περισσότερο σίδηρο και όχι ορυκτά αλλοιωμένα από νερό.

TABLE 12. *Major Chemical Elements in the Earth's Crust and in a Typical Lunar Mare Basalt*

| Element    | Continental crust, weight % | Lunar sample 10017, weight % |
|------------|-----------------------------|------------------------------|
| Oxygen     | 45.20                       | 40.7                         |
| Silicon    | 27.20                       | 19.6                         |
| Aluminum   | 8.00                        | 4.4                          |
| Iron       | 5.80                        | 14.6                         |
| Calcium    | 5.06                        | 8.2                          |
| Magnesium  | 2.77                        | 4.8                          |
| Sodium     | 2.32                        | 0.347                        |
| Potassium  | 1.68                        | 0.206                        |
| Titanium   | 0.86                        | 7.0                          |
| Hydrogen   | 0.14                        | ---                          |
| Manganese  | 0.10                        | 0.148                        |
| Phosphorus | 0.10                        | ---                          |
| Total      | 99.23                       | 100.001                      |

## Βιβλιογραφία

- “Σελήνη Γη” Meteoclub  
<http://www.meteoclub.gr/themata/nea/1952-sxesi-ghs-selhnis>
- “EVOLUTION OF THE EARTH-MOON SYSTEM” THE ASTRONOMICAL JOURNAL  
NOVEMBER 1994  
<http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1994AJ....108.1943T>
- “Σελήνη” astronomiagr  
<https://www.astronomia.gr/wiki/index.php?title=%CE%A3%CE%B5%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B7>
- Case Rijdsdijk – ελληνική έκδοση του περιοδικού QUANTUM  
Ιανουάριος/Φεβρουάριος 2000, Τόμος 7/ τεύχος 1
- “ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΠΟΥ ΕΔΥ ΣΟΥ Η ΘΕΛΞΗ” Ελευθέριος Ν. Οικονόμου, εκδόσεις  
Ευρασία

- “Το σύμπαν που αγάπησα : εισαγωγή στην αστροφυσική ”, Μάνος Δανέζης & Στράτος Θεοδοσίου , εκδόσεις ΔΙΑΥΛΟΣ
- “Προς τ’άστρα”, Παύλος Καστανάς , εκδόσεις ΚΑΚΤΟΣ
- Τροχιά της Σελήνης : Βικιπαίδεια  
[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%BF%CF%87%CE%B9%CE%AC\\_%CF%84%CE%B7%CF%82\\_%CE%A3%CE%B5%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B7%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%BF%CF%87%CE%B9%CE%AC_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%A3%CE%B5%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B7%CF%82)
- Αστρονομία: Βικιπαίδεια  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1>
- Σελήνη: Βικιπαίδεια  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B5%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B7>
- Processing of Metal and Oxygen From Lunar Deposits: National Space Society  
<https://space.nss.org/settlement/nasa/spaceresvol3/pmofld1.htm>
- Ορυκτοί πόροι – Κοιτασματολογία: orykta.gr  
<https://www.orykta.gr/geologia-oryktologia/oryktoi-poroi-koitasmatologia>